

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

## FAKULTA STROJNÍ

---

Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Studijní rok: 2007/2008

studijní program: B 2341 Strojírenství

obor: 2302 R022 Stroje a zařízení

zaměření: Stavba strojů

### **PŘÍTLAČNÉ PÁKY TEMOVACÍHO PŘÍPRAVKU**

### **PRESURE LEVERS FOR CRIMPING JIG**

**ZBYNĚK VONDRA**

**KTS – B018**

Počet stran: 32

Počet příloh: 4

Počet obrázků: 23

Počet tabulek: 1

ORIGINÁL ZADÁNÍ

## **Prohlášení**

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

## **Declaration**

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and consultant.

Date

Signature

## **Poděkování**

Mé poděkování patří Ing. Jaroslavu Kopalovi, CSc., za cenné rady, které mi vždy ochotně poskytoval a za trpělivost, kterou se mnou při tvorbě mé bakalářské práce měl.

Největší díky patří mým rodičům, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

## **Anotace**

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem části temovacího přípravku. Nejprve je provedena analýza příčiny lomu temovacích pák a jejich materiálový posudek. Dalším krokem je nový design pák. Část přípravku je namodelována pomocí software Pro/E a je vytvořena její výkresová dokumentace. Provedení pevnostního výpočtu a optimalizace rozměrů pák pomocí software Pro/E. Závěr práce je věnován novým pákám.

## **Anotation**

Bachelor work deal with constructional concept of part crimping jig. Firstly the analysis cause for brake levers is made and levers material character. The next step is a new design of levers. The particular part of crimping jig is mould with software Pro/E and its graphical documentation. Strenght calculation and optimization measurements with software Pro/E. The end of my thesis is dedicate to the new levers.

## **Klíčová slova**

**Klíčová slova v českém jazyce:** páka, temovací, přípravek, optimalizace

**Klíčová slova v anglickém jazyce:** lever, crimping, jig, optimization

## Použitá označení

Symbol	Popis	Jednotka
$\sigma_O$	Napětí v ohybu	MPa
$\sigma_{DO}$	Dovolené napětí v ohybu	MPa
$^{\circ}\text{C}$	Teplota ve stupních Celsia	$^{\circ}\text{C}$
K	Teplota ve stupních Kelvina	K
i	Počet stupňů volnosti	$^{\circ}$
HRC	Tvrdost podle Rockwella	
F	Síla	N
$\alpha$	Úhel působící síly	$^{\circ}$
a	Délka ramena páky	m
b	Délka ramena páky	m
$M_{\text{omax}}$	Maximální ohybový moment	Nm
b	Průřezová kóta páky	mm
h	Průřezová kóta páky	mm

## **OBSAH**

<b>1 Úvod .....</b>	<b>9</b>
1.1 Historie firmy.....	10
<b>2 Automobilová klimatizace.....</b>	<b>11</b>
2.1 Chladicí okruh .....	11
2.2 Topný okruh .....	12
<b>3 Zhodnocení temovacího přípravku .....</b>	<b>13</b>
3.1 Princip temovacího přípravku .....	14
3.2 Temovací páky .....	17
3.3 Namáhání pák.....	18
3.4 Pevnostní výpočet pák.....	19
3.4 Pevnostní analýza v software ProE .....	21
<b>4 Návrh nových přitlačných pák .....</b>	<b>24</b>
4.1 Materiál a tvar nových přitlačných pák.....	24
4.3 Pevnostní výpočet na nových pákách.....	25
4.4 Optimalizace rozměrů v ProMechanica .....	28
<b>5 Závěr .....</b>	<b>31</b>
<b>Seznam použité literatury: .....</b>	<b>32</b>



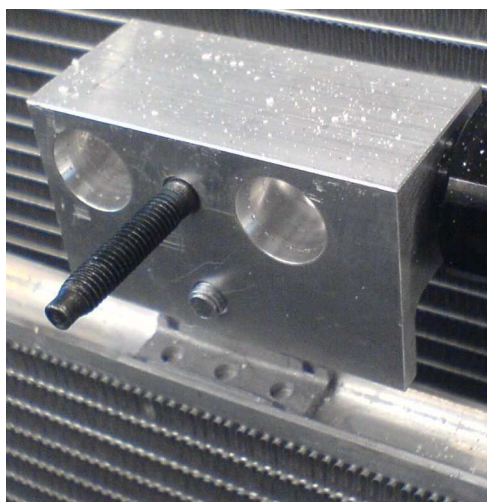
## 1 ÚVOD

Tématem bakalářské práce je zhodnocení temovacího přípravku a návrh temovacích pák, na kterých dochází k častému lámání. Místo lomu je naznačeno řezem A-A na výkrese 08-FS-BP-01. Temovací přípravek slouží k zatemování brakety do boku kondenzátoru. Braketa je vyfocena na obr.1.1. Tato operace je nutná k následnému zapájení brakety. Kondenzátor je tepelný výměník, ve kterém dochází ke kondenzaci par chladicího média vysoké teploty a tlaku do kapalné fáze. Konkrétně se jedná o kondenzátory do automobilů Mercedes-Benz. Braketa slouží k uchycení přívodního a vývodního potrubí.



**obr.1.1 Braketa**

Fotka brakety zapájené v boku kondenzátoru je na obr.1.2



**obr.1.2 Braketa zapájená v boku kondenzátoru s držákem potrubí**

V úvodní části mé práce je provedena rešerše automobilové klimatizace. Dále je provedeno zhodnocení temovacího přípravku, na kterém dochází k lámání temovacích pák. Materiálový a designový posudek temovacích pák. Další část se zabývá silovým namáháním pák a jejich pevnostním výpočtem. K výpočtu je použit software proE, zejména modul ProMechanica. V poslední kapitole je návrh nového řešení temovacích pák s optimalizací rozměrů, pomocí software ProE. Součástí práce je nakreslení sestavy temovacího přípravku a výrobní výkresy temovacích pák. Původních i nově navržených.

## 1.1 Historie firmy

DENSO MANUFACTURING CZECH s.r.o. (dále jen DMCZ) byla založena 12.7.2001. Japonská mateřská společnost DENSO CORPORATION tak reagovala na rostoucí trh v oboru automobilových klimatizací a potřebu přiblížit se svým evropským zákazníkům. Jako místo nejlépe naplňující strategická kritéria pro umístění budoucího výrobního závodu se ukázala liberecká Průmyslová zóna Jih. V její prospěch hovořilo připojení na mezinárodní rychlostní komunikaci stejně jako přítomnost Technické univerzity a strojírenská tradice stotisícového Liberce.

13. 11. 2001 byl za přítomnosti předsedy vlády ČR Miloše Zemana, zástupců vládní agentury Czechinvest, Libereckého kraje, Magistrátu města Liberec a dalších významných hostů položen základní kámen budoucí továrny DMCZ. S dokončením stavby v květnu 2003 začíná instalace výrobních technologií a masivního náboru zaměstnanců. Záhy se rozbíhá testovací provoz a náběh prvních projektů.

Počátkem dubna 2003 DMCZ zahajuje sériovou výrobu na první montážní lince klimatizačních jednotek pro zákazníka VW.

O rok později v dubnu 2004 DMCZ úspěšně absolvovalo certifikaci systému kvality a získává 5.5.2004 certifikát systému kvality podle normy ISO/TS 16949:2002.

17.5. 2004 DMCZ slavnostním ceremoniálem, jež vede předseda vlády ČR Vladimír Špidla, oficiálně zahajuje svůj provoz.

20.5.2005 navštěvuje DMCZ prezident ČR pan Václav Klaus. Firma je mu představena ve fázi spouštění dalších projektů a pokračujícím náboru nových zaměstnanců.

23. 12. 2005 získává DMCZ od místního stavebního úřadu závěrečné kolaudační rozhodnutí, kterým úspěšně uzavírá fázi zkušebního provozu.

31. 5. 2007 DMCZ prochází auditem systému ochrany životního prostředí EMS a získáním certifikátu dle normy ISO 14001:2005 úspěšně dokončuje fázi zavádění EMS do svého provozu.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> <http://denso.cz/o-nas/historie/>

## 2 AUTOMOBILOVÁ KLIMATIZACE

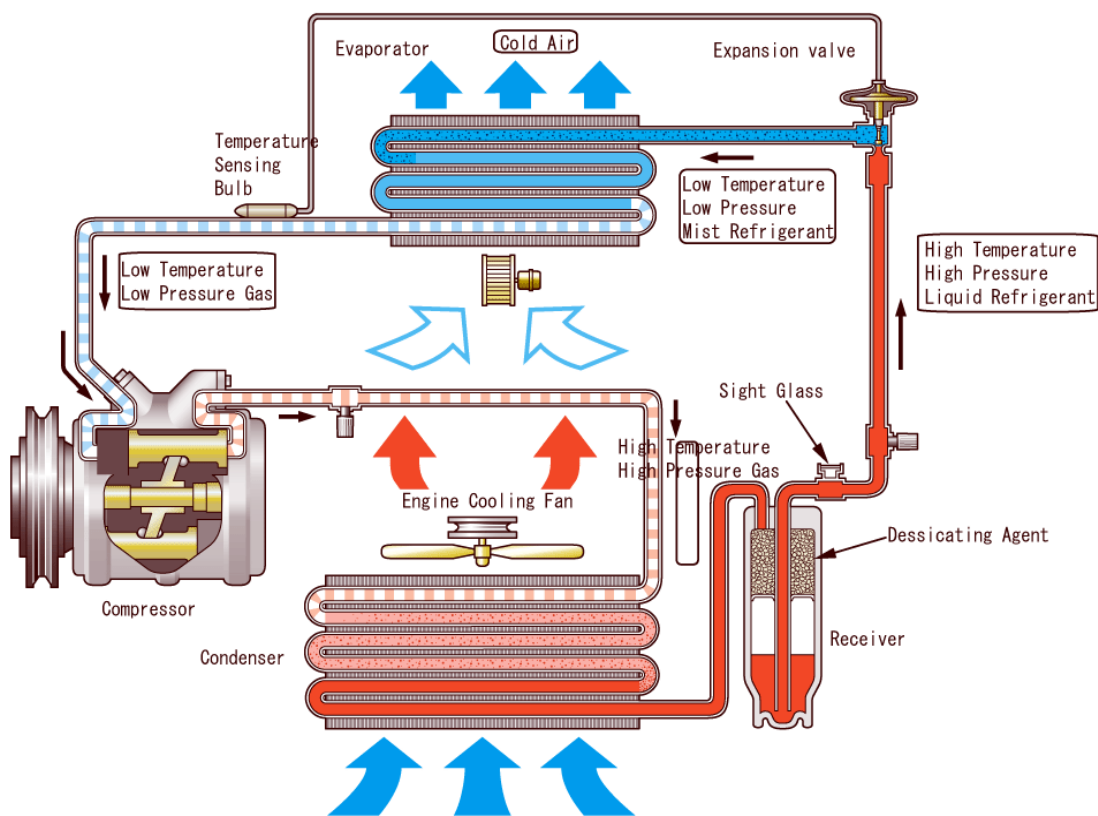
Klimatizační jednotka neboli HVAC (Heating, Ventilation & Air Conditioning) – je srdcem klimatizace, kde se potkávají vzduchový, chladicí a topný okruh. Hlavní části jsou ventilátor, skříň upravující pomocí výparníku a topného tělesa teplotu a vlhkost vzduchu a distributor, rozděluje upravený vzduch do prostoru.

Většina lidí kupujících v dnešní době nové auto, požaduje na boj s horkem klimatizaci. V tuzemsku má v současnosti klimatizaci osm z deseti nově prodaných aut. Klimatizace se stala standardní výbavou stejně jako je tomu třeba u rádia. Na celosvětovém zájmu o klimatizace vydělávají také čeští podnikatelé. Liberecké Denso je jednou ze tří velkých firem v Česku. Zájem prudce narostl, například v nových škodovkách je s výjimkou fabie namontována klimatizace v průměru ve více než devadesáti pěti procentech. Chlazení v teplých měsících, dnes již bez použití staženého okénka, přináší i potíže. Pokud se nemění filtr, stává se klimatizace semeništěm alergenů. Každý kdo se chladí paradoxně přispívá k tomu, že v budoucnu se bude muset chladit ještě více. Výfukové plyny mohou přispívat ke globálnímu oteplování. Klimatizace také zvyšuje spotřebu paliva. Největší spotřeba vzniká při prudkém chlazení. Udržení stálé teploty si vyžádá od půl do dvou litrů na sto kilometrů. Co se týče zdraví tak správně navržená a používaná klimatizace nepůsobí žádné zdravotní problémy. Pokud je nastavena tak, že rozdíl mezi vnitřní a venkovní teplotou nepřesáhne pět až šest stupňů. Při nedodržení tohoto nastavení dochází u citlivých jedinců k nachlazení.

### 2.1 Chladicí okruh

Výparník ochlazuje a vysušuje procházející vzduch. Ve výparníku (evaporator) dochází k vypařování, kapalné chladivo se stane plyným. Z výparníku, chladivo pod nízkým tlakem a teplotou proudí do kompresoru. Ten je spojen řemenovým převodem s klikovým hřídelem motoru automobilu. Zde se plyn stlačí, čímž stoupne jeho tlak a teplota. Dále plyn přichází do kondenzátoru kde se zkapalní při stále vysokém tlaku a teplotě. Kondenzátor je umístěn vedle chladiče nebo před ním. Z kondenzátoru proudí kapalné médium přes vysoušeč do zásobníku. Ze zásobníku se kapalina vrací do

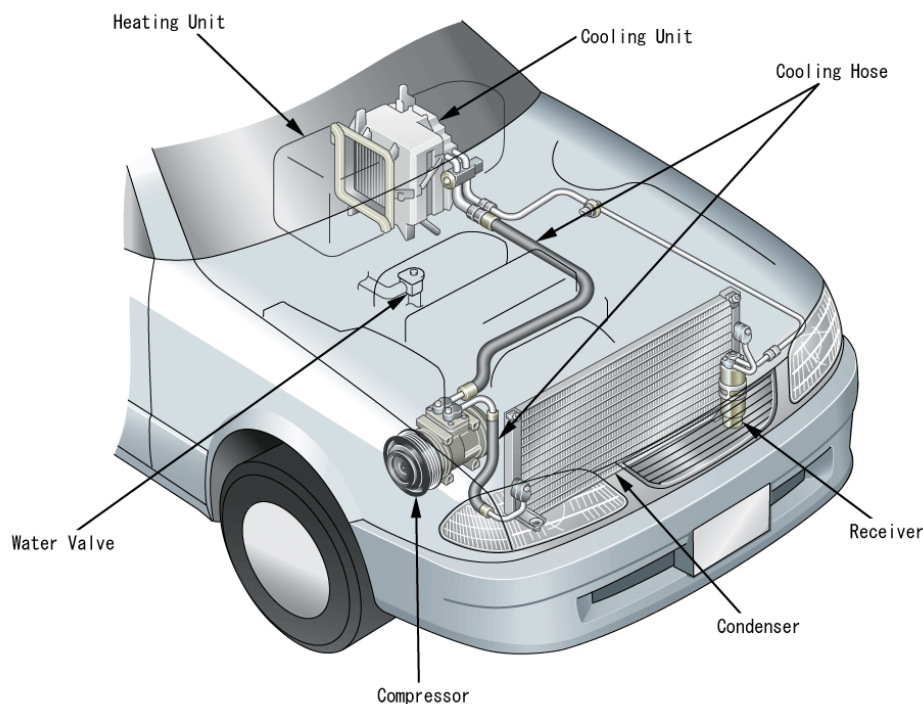
evaporatoru přes regulační ventil, který sníží tlak a teplotu chladiva. Tento cyklus je znázorněn na Obr 2.1. Umístění v automobilu je zobrazeno v Obr 2.2.



Obr. 2.1 chladicí okruh

## 2.2 Topný okruh

Topné těleso je napojeno na chladicí okruh automobilu. Ohřívá upravený vzduch teplem, které je odebráno z motoru. Voda proudící topným tělesem je chlazená v radiátoru, který je umístěn před kondezátorem.



Obr. 2.2 Automobilový klimatizační systém

### 3 ZHODNOCENÍ TEMOVACÍHO PŘÍPRAVKU

Na stávajícím temovacím přípravku používaném firmou DMCZ dochází k lámání temovacích pák. Temovací páka je nakreslena na výrobním výkrese 08-FS-BP-01. Temovací přípravek má za úkol zatemování (zalisování) brakety do boku kondenzátoru. Temování je předcházející operací pro zapájení brakety v peci. Pracovní prostor pro temování je z hlediska malých rozměrů dosti omezen. Z toho vyplývá konstrukce původních pák. Vzhledem k tvaru pák je použit pro jejich výrobu nástrojový materiál pro práci za studena. Hlavním požadavkem na materiál je pevnost a odolnost proti opotřebení. Úkolem této kapitoly bude stanovit, zda je nutný návrh nové konstrukce pák nebo jiné tepelné zpracování, případně volba jiného materiálu. Detail lomu na páce je znázorněn na obr. 3.1.



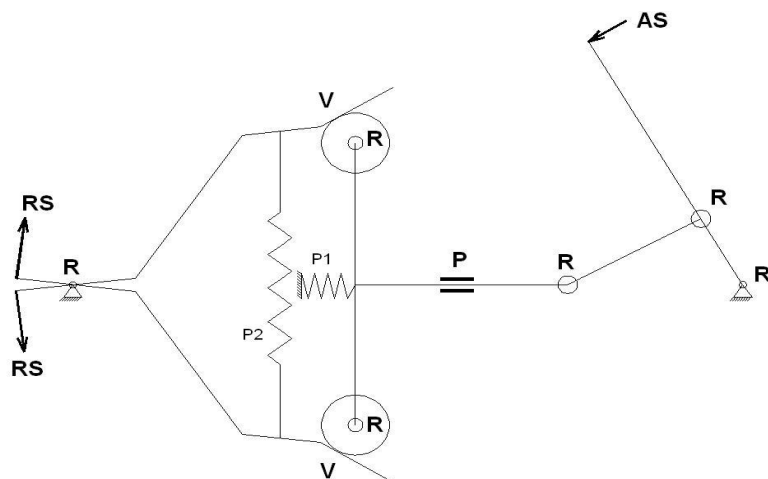
obr. 3.1 Detail lomu na páce

### 3.1 Princip temovacího přípravku

Temovací přípravek funguje na principu zalisování brakety, pomocí temovacích pák. Tyto páky provádí temování rotačním pohybem v jedné ose. Hlavní části jsou: temovací hlava, temovací páky, posuvný ovládací člen pák a mechanismus vyvozující pracovní sílu. Popis částí je znázorněn na obr 3.2. Temovací hlava slouží k uchycení temovacích pák, zároveň plní funkci uchopení a nastavení polohy brakety současně s bokem kondenzátoru. Temovací páky vykonávají hlavní pracovní pohyb a lisují kraje brakety do boku kondenzátoru. Posuvný ovládací člen nese čtyři ložiska, kterými je osová síla převedena na ohybový moment. Mechanismus pro vyvození pracovní síly je katalogový díl, převádí rotační sílu z paže obsluhy na sílu osovou (posuvnou). Schéma celého temovacího přípravku jako mechanismu, v pracovní pozici, je znázorněno na obr. 3.3. Akční síla je pomocí rotačních, posuvných a valivých vazeb postupně transformována na sílu reakční.







**Obr. 3.3 Schéma temovacího přípravku v pracovní pozici**

Legenda	AS – akční síla
	RS – reakční síla
	R – rotační vazba
	P – posuvná vazba
	V – valivá vazba
	P1 – tlačná pružina
	P2 – tažná pružina

Počet stupňů volnosti stanovuje zda-li je daná soustava mechanismus, či nikoliv. Soustava, která se dá nazývat mechanismem musí mít počet stupňů volnosti roven  $1^\circ$ . Pokud vyjde počet stupňů volnosti jiný než  $1^\circ$ , nejedná se o mechanismus. Výjimkou je diferenciální mechanismus, který má počet stupňů volnosti roven  $2^\circ$ . Pro výpočet stupně volnosti je použit vzorec  $i = 3 \cdot (n - 1) - 2 \cdot (r + p + v) - o$ .

Kde **i** je počet stupňů volnosti, **n** je počet členů soustavy včetně rámu, **r** je počet rotačních vazeb, **p** je počet posuvných vazeb, **v** je počet valivých vazeb a **o** je počet obecných vazeb. Pružiny P1 a P2 neovlivňují počet stupňů volnosti, ve výpočtu nejsou zohledněny.

$$i = 3 \cdot (8 - 1) - 2 \cdot (7 + 1 + 2) - 0$$

$$i = 21 - 20 - 0$$

$$i = 1^\circ$$



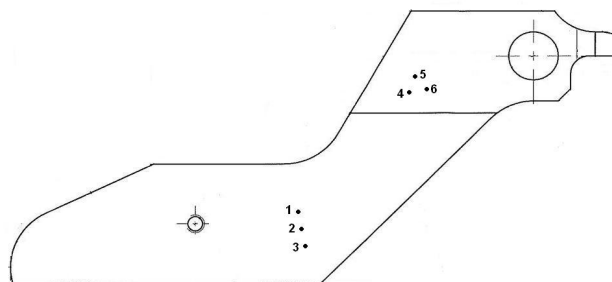
Rotačních vazeb je sedm, protože v místě křížení pák jsou tyto vazby dvě a ne pouze jedna jak by se mohlo zdát z obrázku. Počet stupňů volnosti je roven 1°, daná soustava je mechanismus.

### 3.2 Temovací páky

Původní temovací páky byly vyrobeny z nástrojové oceli 19 573. Jedná se o zápusťkovou ocel pro kování za studena. Má vysoké hodnoty obsahu chromu a uhlíku, což umožňuje vznik velkých karbidů chromu. Austenitizační teplota je 1010°C. Ocel má s ohledem na velikost karbidů vysokou odolnost proti opotřebení, ale s tím klesá obrobiteľnosť a brousiteľnosť. Tato ocel je v průmyslu používána na razidla, zápusťky a nože. Může být austenitizována až na teplotu 1120°C s účelem urychlení a obsahového zvýšení průniku legur do austenitického zrna. Tato tvrdost se označuje jako sekundární tvrdost. Temovací páky jsou kaleny na sekundární tvrdost a následně popuštěny při teplotě 300°C na HRC 58 ± 2.

Pro ověření byla provedena zkouška tvrdosti podle Rockwella (ČSN 42 0373) na zlomené páce. Jedná se o statickou vnikací zkoušku. Pro měření byl použit digitální tvrdoměr značky Mitutoyo, typ ARK-600. Tvrdost podle Rockwella se určuje na Rockwellově tvrdoměru jako rozdíl hloubky vtisku vnikacího tělesa mezi předběžným a celkovým zatížením. Pro tvrdost HRC je vnikacím tělesem kuželový trn. Označení HRC znamená H-tvrdost, R-podle Rockwella, C-cone (kužel). Při zkoušce je nejprve vnikací těleso zatíženo předběžným zatížením  $F=100$  N. Čímž je eliminována nehomogenita povrchu. Poté se zvětšuje zatěžovací síla na zatížení předepsané normou. Celkové zatížení je  $F=1500$  N. Následuje zmenšení zatěžující síly zpět na  $F=100$  N. V tomto stavu se změří přírůstek hloubky vtisku  $h$ , který nastal proti výchozímu zatížení 100 N. Zkouška tvrdosti podle Rockwella je vhodná pro rozsah HRC = 20 – 67.

Při zkoušce tvrdosti podle Rockwella na tvrdoměru Mitutoyo ARK-600 byly naměřeny hodnoty v tabulce 3.1. Pozice 1, 2, 3 byly naměřeny v místech tloušťky materiálu páky 10 mm. Pozice 4, 5, 6 byly naměřeny při tloušťce materiálu 5 mm. Pozice znázorněny na obr. 3.4.



Obr. 3.4 Pozice měření tvrdosti

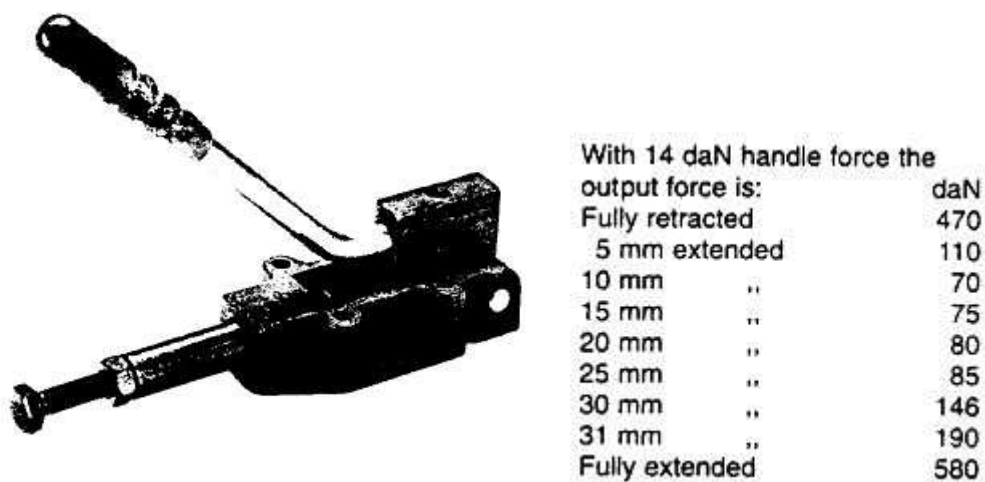
pozice	HRC
1	55,9
2	57,1
3	57,1
4	57,1
5	57,4
6	57,6

tabulka 3.1 Naměřená tvrdost

Naměřené tvrdosti odpovídají tvrdosti, jakou má materiál mít při kalení na sekundární tvrdost (HRC 58). Z toho plyne, že kalení a popouštění bylo provedeno správně.

### 3.3 Namáhání pák

Pro vyvození síly potřebné k temování je použit katalogový upínací mechanismus firmy Brauer, model P600L obr.3.5.



obr.3.5 Upínadlo Brauer P600L s tabulkou výstupních sil

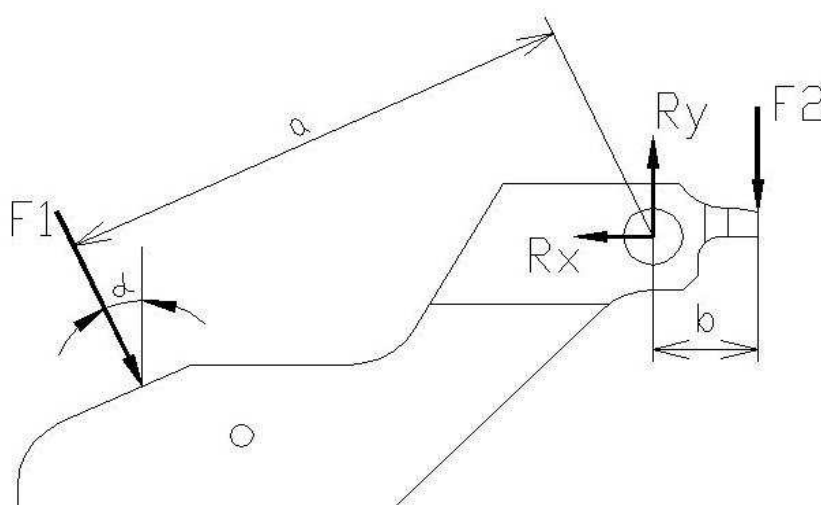
Upínadlo je navrženo na ovládací sílu 14 N vyvozenou ručně. Při této vstupní síle je výrobcem uvedena tabulka, která udává výstupní sílu upínadla v závislosti na vysunutí úderníku. Maximální síla při plném vysunutí úderníku je 580 N. Z úderníku je tato síla přenášena na posuvný člen sestavy. Na tomto členu se pomocí čtyř radiálních ložisek rozdělí síla na všechny čtyři páky. Páky jsou namáhány na ohyb a to míjivým zatížením. Umístění všech čtyř pák je realizováno na společné ose. Jsou uloženy proti sobě, pracovní pohyb konají křížem.

Na přípravku bylo provedeno změření tlačné síly úderníku na posuvný člen. Byl použit elektronický digitální siloměr IMADA DPK-50. Měřící rozsah 0-500 N. Na úderníku byla naměřena síla 495 N. Tato síla se pomocí ložisek na posuvném členu rozkládá na čtyři dílčí síly. Tyto dílčí síly působí na temovací páky. Vytvářejí pracovní sílu. Dotyková plocha mezi ložiskem a pákou je tangenciální. Přenos sílového působení je realizován tak, že je posuvný pohyb přeměněn na rotační.

Páky jsou namáhány převážně na ohyb. Maximální ohybový moment byl spočítán ze změřené síly na posuvném členu.

### 3.4 Pevnostní výpočet pák

Pevnostní výpočet pák je proveden pro namáhání ohybem. Vycházím ze základní pevnostní podmínky pro ohyb.  $\sigma_o = M_o/W_o \leq \sigma_{DO}$ . Silový rozbor namáhání páky je na obrázku 3.6. Na páce působí akční síla  $F1$ , reakční síla  $F2$  a reakce v místě uložení  $R_x$ ,  $R_y$ .



Obr. 3.6 Silové uvolnění páky

Síla  $F_1$  je známá,  $F_2$ ,  $R_x$ ,  $R_y$  jsou neznámé. Pro tři neznámé stačí sestavit statické rovnice rovnováhy.

### Statické rovnice rovnováhy:

$$X : F_1 \cdot \sin \alpha - R_x = 0$$

$$R_x = F_1 \cdot \sin \alpha$$

$$Y : -F_1 \cdot \cos \alpha + R_y - F_2 = 0$$

$$R_y = F_1 \cdot \cos \alpha + F_2$$

$$M : F_1 \cdot a - F_2 \cdot b = 0$$

$$F_2 = (F_1 \cdot a) / b$$

$$M_{o\max} = F_1 \cdot a$$

### Známé hodnoty:

### Vypočtené hodnoty:

$$F_1 = 123 \text{ N}$$

$$F_2 = 597,4 \text{ N}$$

$$a = 0,068 \text{ m}$$

$$R_x = 52 \text{ N}$$

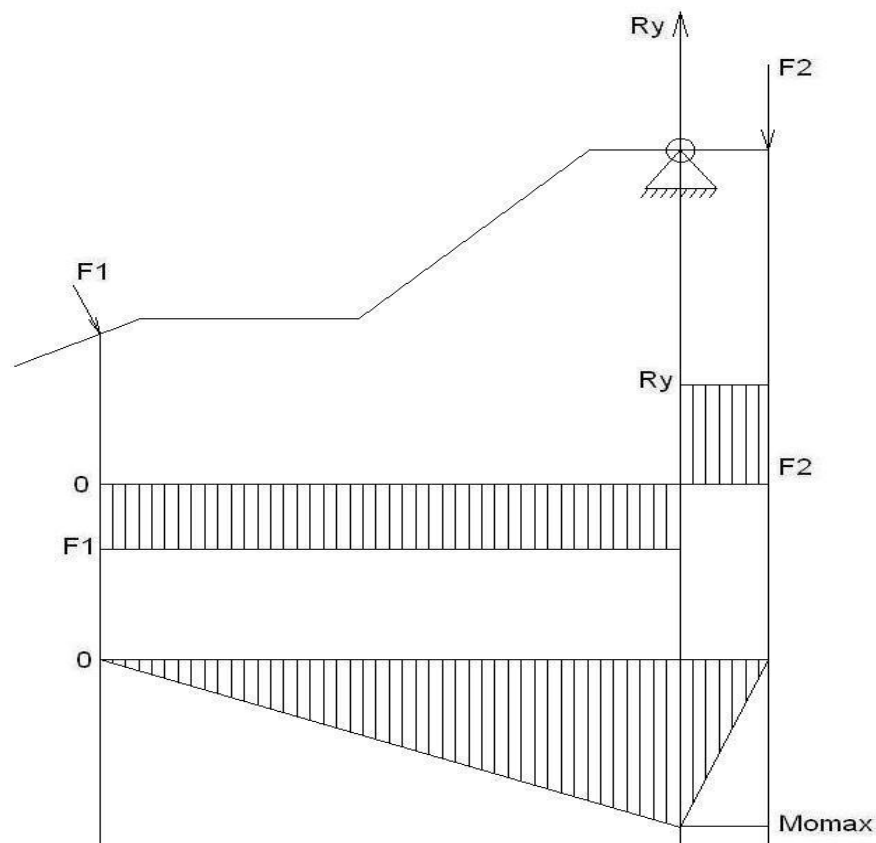
$$b = 0,014 \text{ m}$$

$$R_y = 708,9 \text{ N}$$

$$\alpha = 25^\circ$$

$$M_{o\max} = 8,36 \text{ Nm}$$

Na obr. 3.7 je znázorněn průběh namáhajících sil, je vidět největší síla v místě uložení čepu v páce. Dále je zobrazen průběh ohybového momentu.



obr. 3.7 Průběh sil a momentu

Místo lomu na staré páce je od středu otáčení vzdálené 8,5 mm. Napětí v místě lomu je vypočítáno z maximálního ohybového momentu a průřezu páky v místě lomu. Dovolené napětí  $\sigma_{Do}$  je stanoveno podle mezi kluzu. Rozměry  $b$  a  $h$  na obr. 3.8. Mez kluzu v tahu  $R_e$  u oceli 19 573 = 423 MPa. Z následného výpočtu je patrné, že tato mez je přesahována.

$$\sigma = M_{o,max} / W_o$$

$$\sigma = 504 \text{ MPa}$$

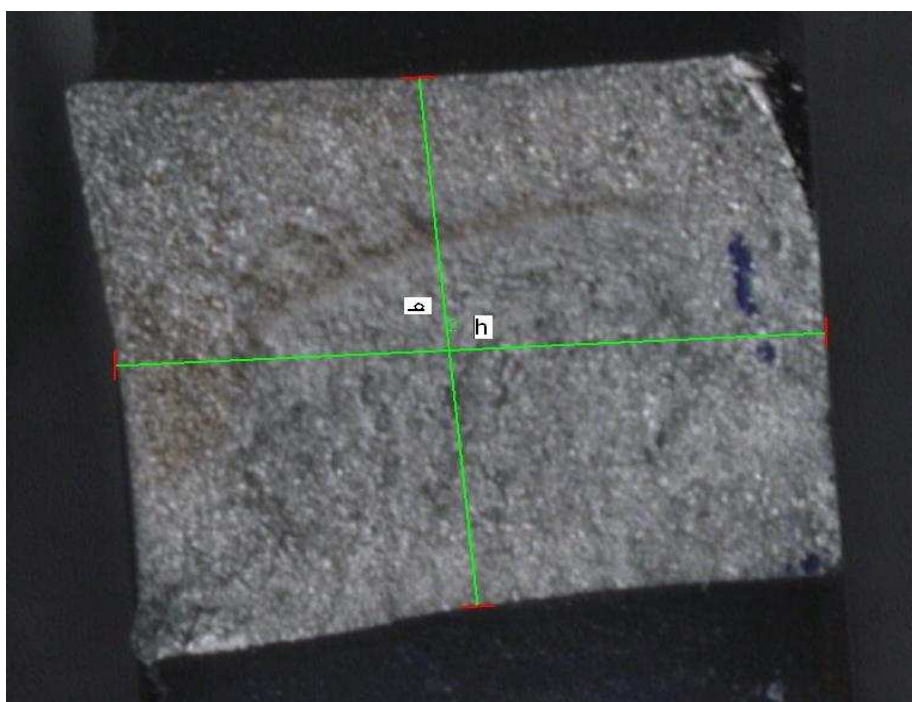
$$W_o = bh^2 / 6$$

$$W_o = 1,66 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

$$b = 0,004 \text{ m}$$

$$h = 0,005 \text{ m}$$

$$M_{o,max} = 8,36 \text{ Nm}$$

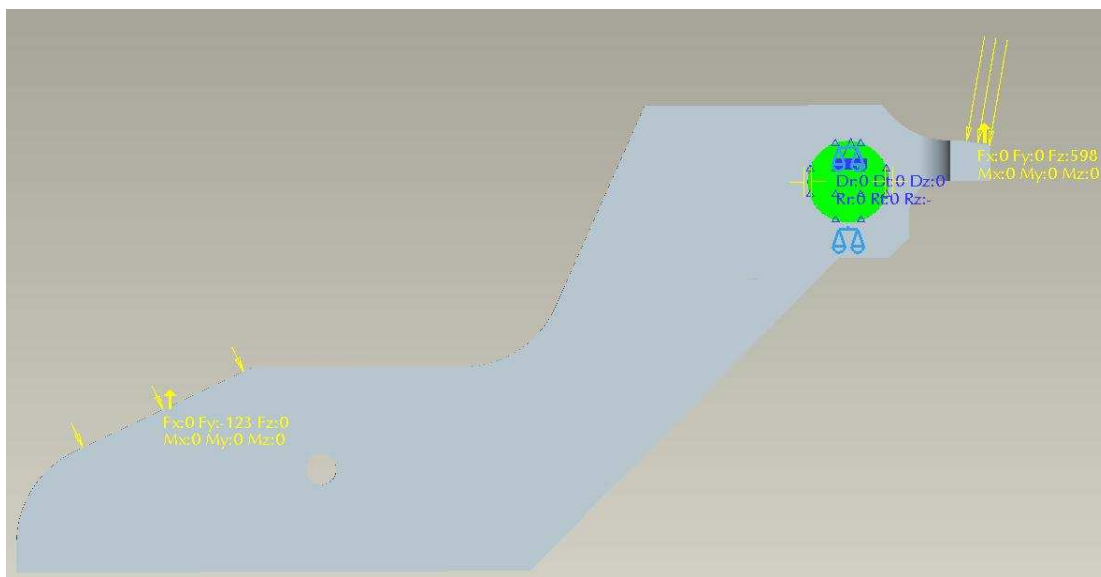


obr. 3.8 Rozměry  $b$  a  $h$

### 3.4 Pevnostní analýza v software ProE

Pro namodelování temovací páky byl použit software ProE, pro výpočet byl použit modul Pro/Mechanica. Pro pevnostní analýzu páky v softwaru ProE byla použita metoda výpočtu pomocí kontaktních členů. V mém případě je provedena analýza kontaktních členů mezi temovací pákou a čepem, který uchycuje páku v temovací hlavě. Jelikož je pracovní pohyb realizován pouze jako rotace v jedné ose, nastavení okrajových podmínek je takovéto: všechny posuvy zamezeny a rotace povolena právě

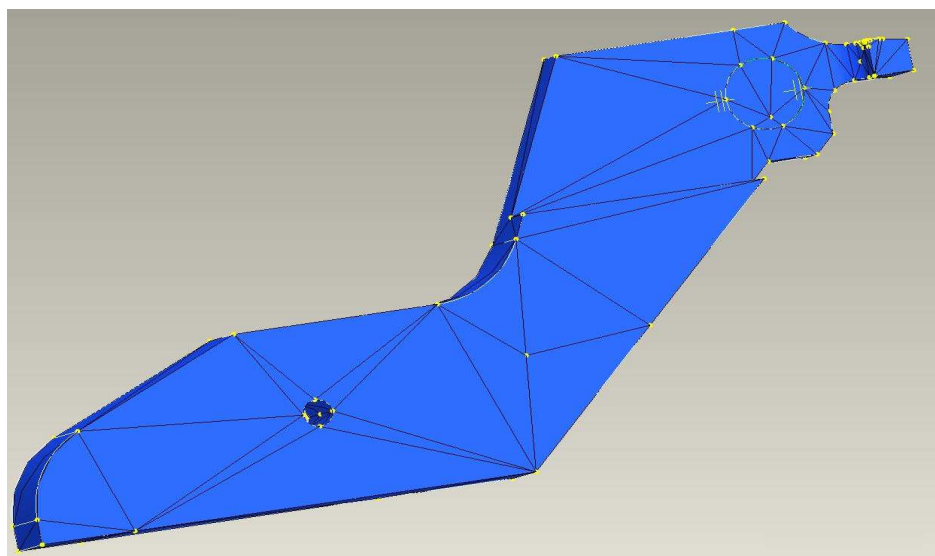
pouze v ose čepu, na kterém rotuje páka. Okrajové podmínky a působící síly, jak bylo nastaveno v software ProMechanica jsou zobrazeny na Obr. 3.9.



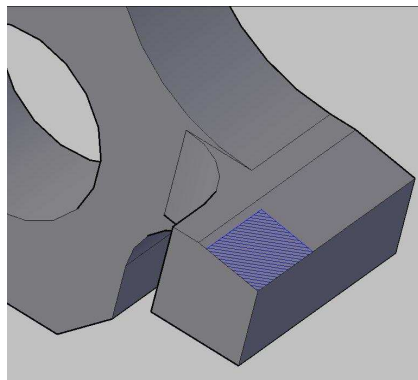
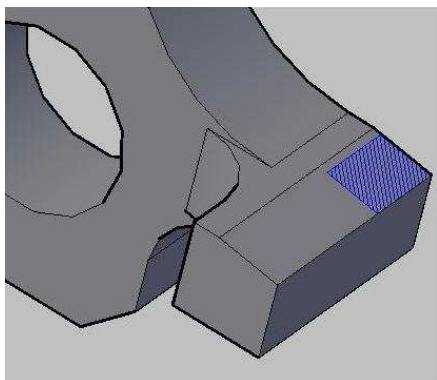
**Obr. 3.9 Síly a okrajové podmínky na staré páce**

Síla na špičce páky byla stanovena analytickým výpočtem v předchozí části práce.

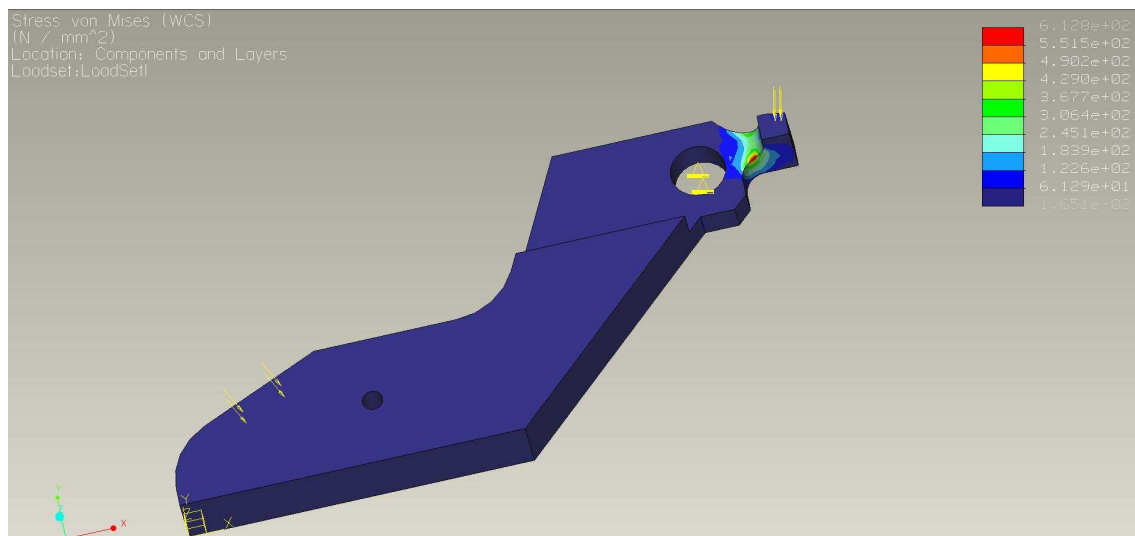
Dále je na páce vytvořena síť polygonů. Je vytvořena automaticky, může být vytvořena i “ručně“. Tato síť dále slouží pro výpočet jako matematický model páky. Vygenerování sítě je velmi důležité pro výpočet. Pro složitější tělesa s lokálním zhuštěním sítě může příprava této sítě zabrat dost času. Kvalita vygenerované sítě značně ovlivňuje počet vygenerovaných prvků a uzlů a tím pádem jsou kratší výpočtové časy a nižší nároky na paměťové požadavky. Síť polygonů na staré páce je zobrazena na obr. 3.10.

**Obr. 3.10 Sít' polygonů**

Výsledky výpočtu jsou zobrazeny v implementovaném prohlížeči. Můžeme volit různé zobrazení, skrýt díly, které nemají být vidět, zobrazení grafu, průběhy napětí, deformací, atd. Na obrázku je vidět, že v místě radiusu na špičce páky je největší napětí. Výpočet je proveden pro dva případy umístění síly na špičce páky.

**obr. 3.11 Ploška pro sílu F2**

Různé plošky vyplývají z křížového použití uložení. Pro každou plošku vychází jiné hodnoty. Z obr. 3.11 je patrné, že síla na plošce na volném konci špičky páky bude vyvolávat větší napětí. Proto se výpočet zabývá pouze touto variantou.



obr. 3.12 Napětí v ProMechanica

Maximální napětí je 612,8 MPa. Napětí v tomto místě je tedy větší než mez kluzu. Znázorněno na obr. 3.12.

## 4 NÁVRH NOVÝCH PŘÍTLAČNÝCH PÁK

### 4.1 Materiál a tvar nových přítlačných pák

Materiál nových pák jsem vybral ze strojnických tabulek podle tabulek použití. Volím ocel 16 220. Je to ocel k cementování, tvárnost zatepla a obrobiteľnosť dobrá. Je vhodná na velmi namáhané strojní součásti s tvrdým povrchem a vyšší pevností a houževnatostí v jádře. Pro tento materiál je ve strojnických tabulkách uvedena mez kluzu 588 MPa. Pokud nedojde k překročení mezi kluzu, nenastanou žádné trvalé deformace na páce. Tím bude zaručena bezporuchová funkčnost a bude zabráněno opětovnému zlomení pák.

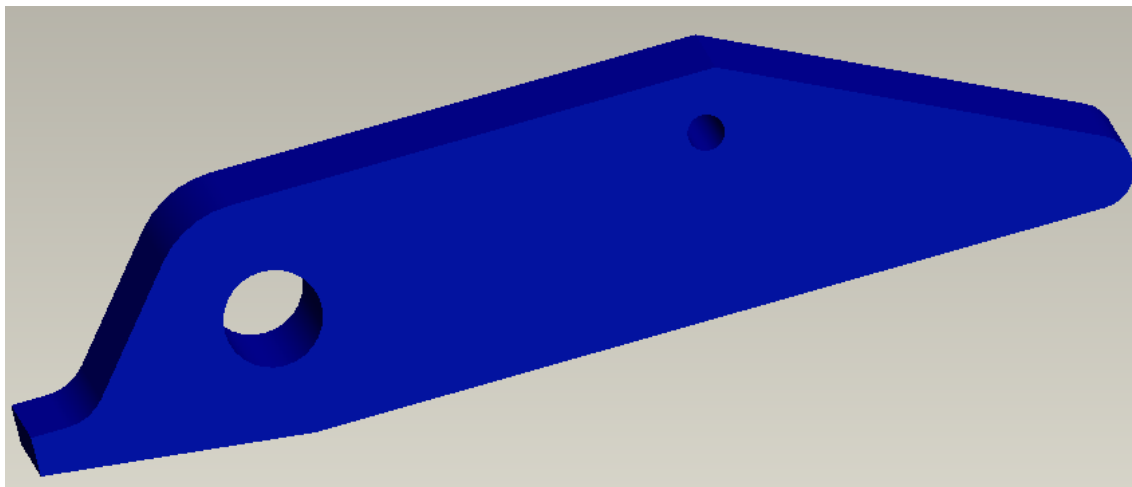
Při konstrukci nových pák jsem vycházel z těchto základních poznatků a nedostatků na starých pákách.

- v místě lomu je tloušťka starých pák poloviční => zesílení pracovní části na stejnou tloušťku jakou má zbytek páky
- nové páky nebudou konat pracovní pohyb křížem => jiné uložení v temovací hlavě



- páky budou konat zrcadlový pohyb => zkosení při malé vzdálenosti rotačních os uložení

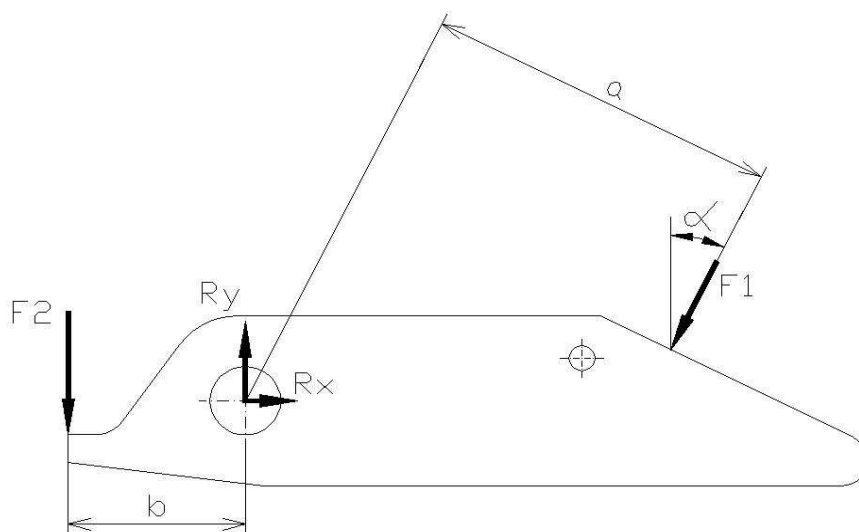
Nový tvar páky je na obr. 4.1. Výrobní výkres nové páky 08-FS-BP-02 je přiložen.



obr. 4.1 Model nové páky

### 4.3 Pevnostní výpočet na nových pákách

Pevnostní výpočet pák je proveden pro namáhání ohybem. Vychází ze základní pevnostní podmínky pro ohyb.  $\sigma_o = M_o/W_o \leq \sigma_{DO}$ . Silový rozbor namáhání páky je na obrázku 4.2. Na páce působí reakční síla  $F_1$ , akční síla  $F_2$  a reakce v místě uložení  $R_x$ ,  $R_y$ . Při pevnostním výpočtu pro nové páky vycházím z pracovní síly  $F_2$ , která musí být dodržena pro zatímování brakety. Tudíž postup výpočtu postupuje opačným směrem, než jak tomu je u staré páky.



**Obr. 4.2 Silové uvolnění páky**

Síla  $F_2$  je známá,  $F_1$ ,  $R_x$ ,  $R_y$  jsou neznámé. Pro tři neznámé stačí sestavit statické rovnice rovnováhy. Průběh sil a momentů je na obr. 4.3.

**Statické rovnice rovnováhy:**

$$X : -F_1 \cdot \sin \alpha + R_x = 0$$

$$R_x = F_1 \cdot \sin \alpha$$

$$Y : -F_1 \cdot \cos \alpha + R_y - F_2 = 0$$

$$R_y = F_1 \cdot \cos \alpha + F_2$$

$$M : F_1 \cdot a - F_2 \cdot b = 0$$

$$F_1 = (F_2 \cdot b) / a$$

$$M_{o\max} = F_2 \cdot a$$

**Znamé hodnoty:**

$$F_2 = 597,4 \text{ N}$$

$$a = 0,040 \text{ m}$$

$$b = 0,020 \text{ m}$$

$$\alpha = 27^\circ$$

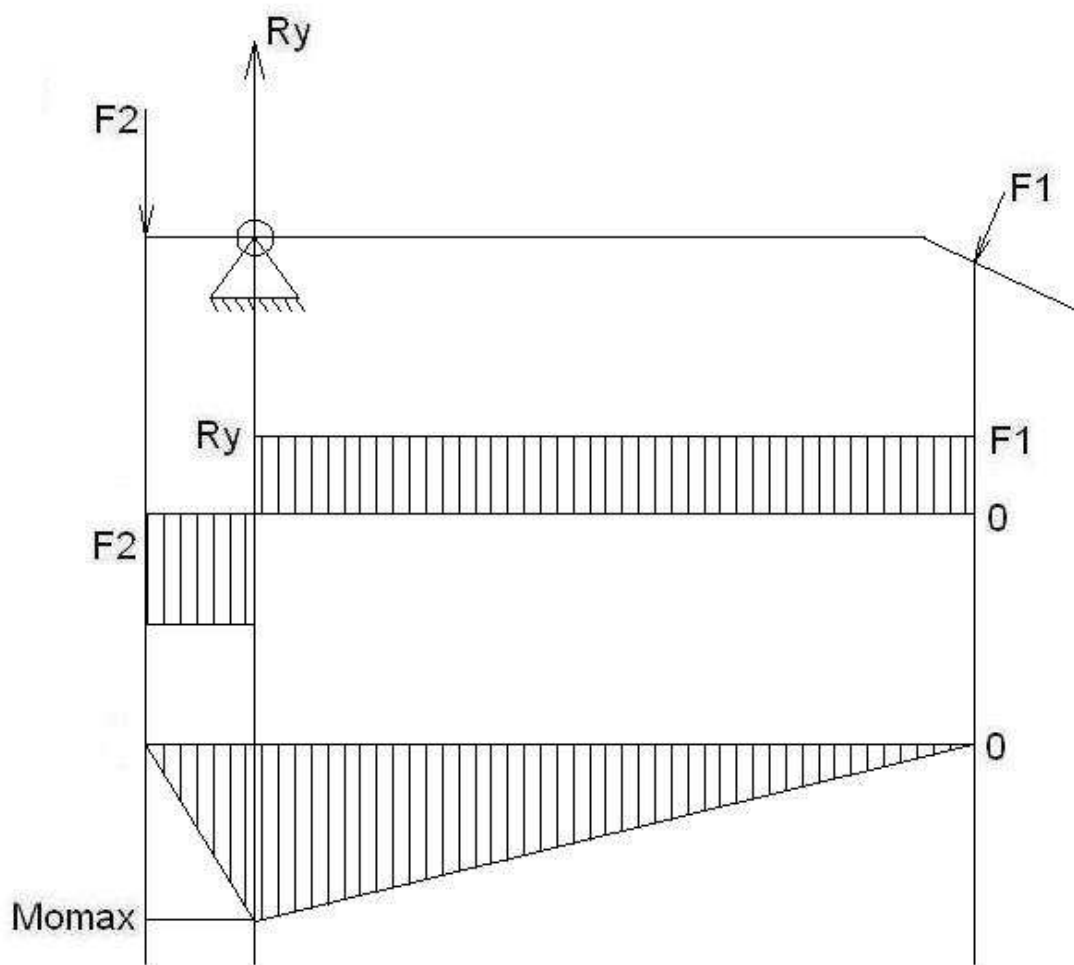
**Vypočtené hodnoty:**

$$F_1 = 298,7 \text{ N}$$

$$R_x = 135,6 \text{ N}$$

$$R_y = 863,5 \text{ N}$$

$$M_{o\max} = 11,95 \text{ Nm}$$

**obr. 4.3 Průběhy sil a momentu**

Napětí v kritickém průřezu je vypočítáno z maximálního ohybového momentu a průřezu páky v místě kritického průřezu. Pro dovolené napětí v tomto případě volím mez kluzu. Pokud nebude přesažena tato mez nedochází k trvalým deformacím. Dovolené napětí  $\sigma_{DO}$  je stanoveno podle meze kluzu. Mez kluzu  $R_e \min$  pro ocel 16 220 = 588 MPa. Oproti starým pákám se v kritickém průřezu mění jen rozměr  $h$  (viz. obr.3.8) a to z pěti na deset milimetrů, což byl hlavní záměr nové konstrukce temovacích pák. Dále se mění radius na špičce páky.

$$\sigma = M_{o_{max}} / W_o$$

$$\sigma = 179,4 \text{ MPa}$$

$$W_o = bh^2 / 6$$

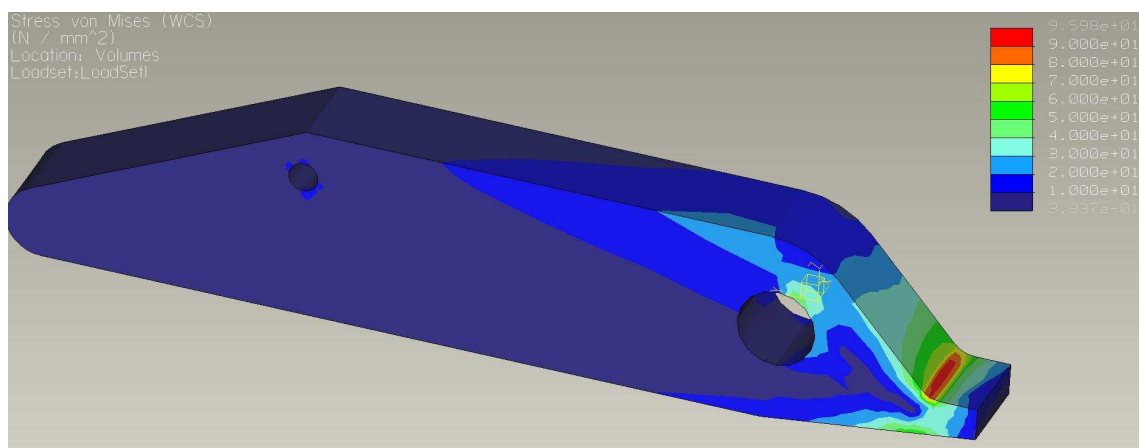
$$W_o = 6,66 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

$$b = 0,004 \text{ m}$$

$$h = 0,010 \text{ m}$$

$$M_{max} = 11,95 \text{ Nm}$$

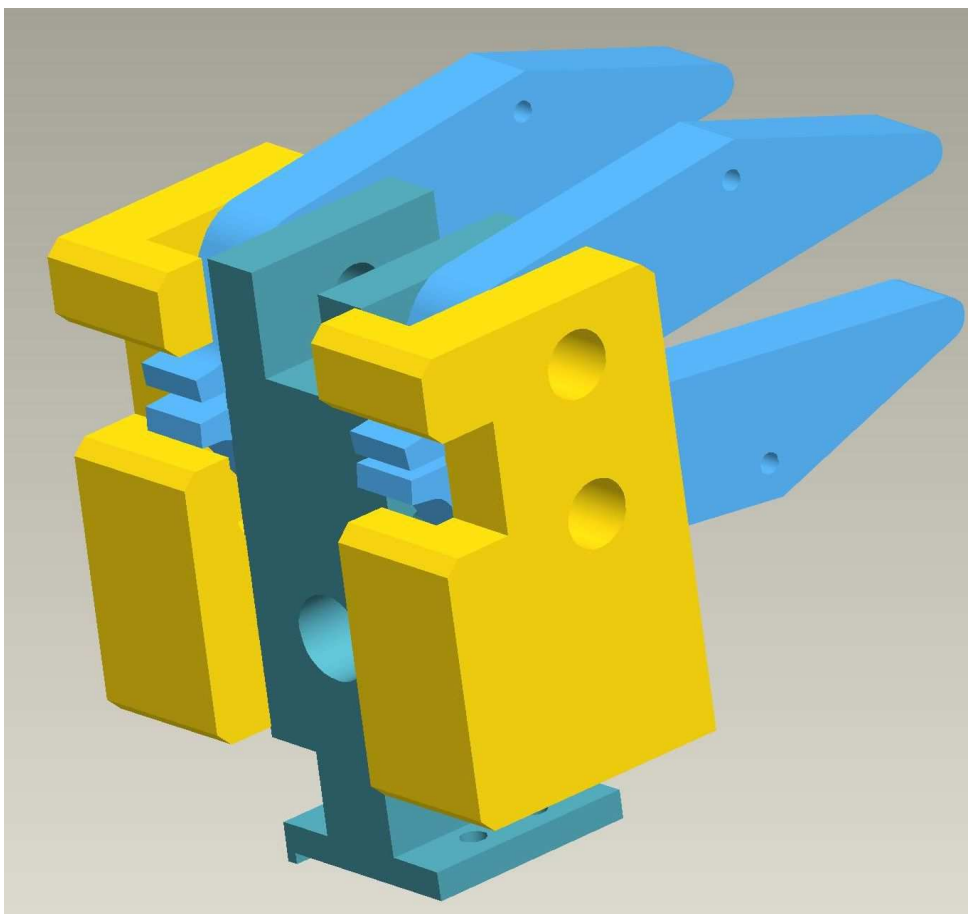
Napětí  $\sigma$  je výrazně menší než povolená mez kluzu  $R_e \min$ . Z toho vyplývá, že takto navržené páky budou vyhovovat pracovnímu zatížení na temovacím přípravku. Pro nové páky se změnila pracovní síla vyvozovaná upínacím mechanismem Brauer. Analýza napětí na nové páce je na obr. 4.4.



obr. 4.4 Napětí v ProMechanica

Maximální napětí v kritickém průřezu pomocí software ProMechanica vychází na 96 MPa.

Na obr. 4.5 je zobrazena upravená temovací hlava, upravený držák temovací hlavy a nové páky.



obr. 4.5 Nová temovací hlava

#### 4.4 Optimalizace rozměrů v ProMechanica

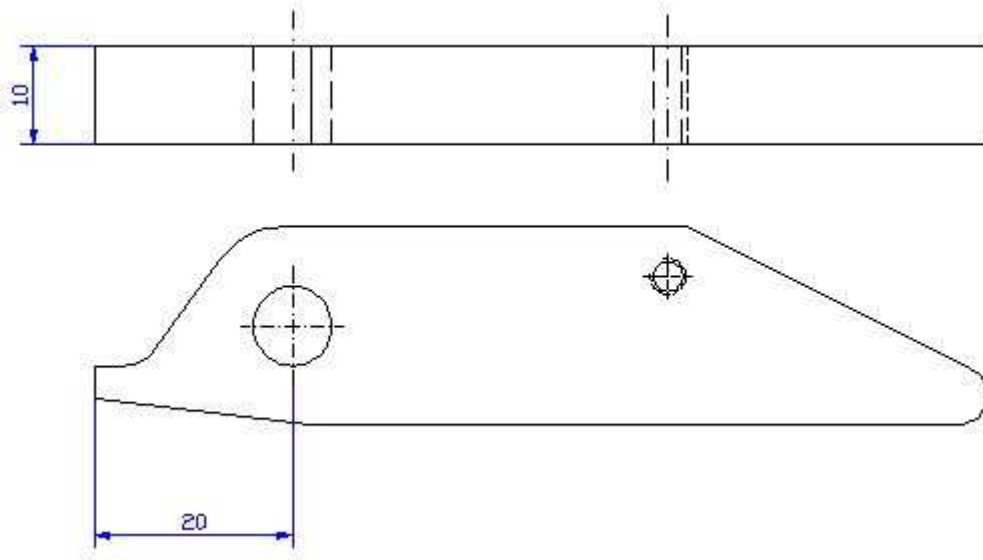
Model libovolné součásti může být doplněn o algoritmus popisující jeho chování v závislosti na vstupních podmínkách. Vstupní podmínky mohou být libovolného charakteru – rozměry, síly, momenty, teplota, tření. Zahrnuje možnost stanovení nároků, kombinace nároků návrhu a zobrazení účinků změn na výsledný díl nebo sestavu. Na základě uživatelem definovaných nároků na geometrické parametry a hmotové parametry lze provádět jejich optimalizaci, zkoušet proveditelnost návrhu či pouze sledovat vliv určitého parametru na chování celého modelu. V tomto případě jde právě o pozorování vlivu tloušťky páky a délky od konce špičky po osu otáčení.

Samotná optimalizace probíhá tak, že vybraným rozměrům jsou nastaveny limity, ve kterých se může pohybovat nová hodnota. ProMechanica propočítá kombinace všech těchto rozměrů a zobrazí průběh napětí pro vypočtené rozměry.

Pro optimalizaci rozměrů jsem volil tyto:

- tloušťku páky,
- délku od osy otáčení po konec špičky.

Kóty optimalizovaných rozměrů jsou zobrazeny na obr. 4.6

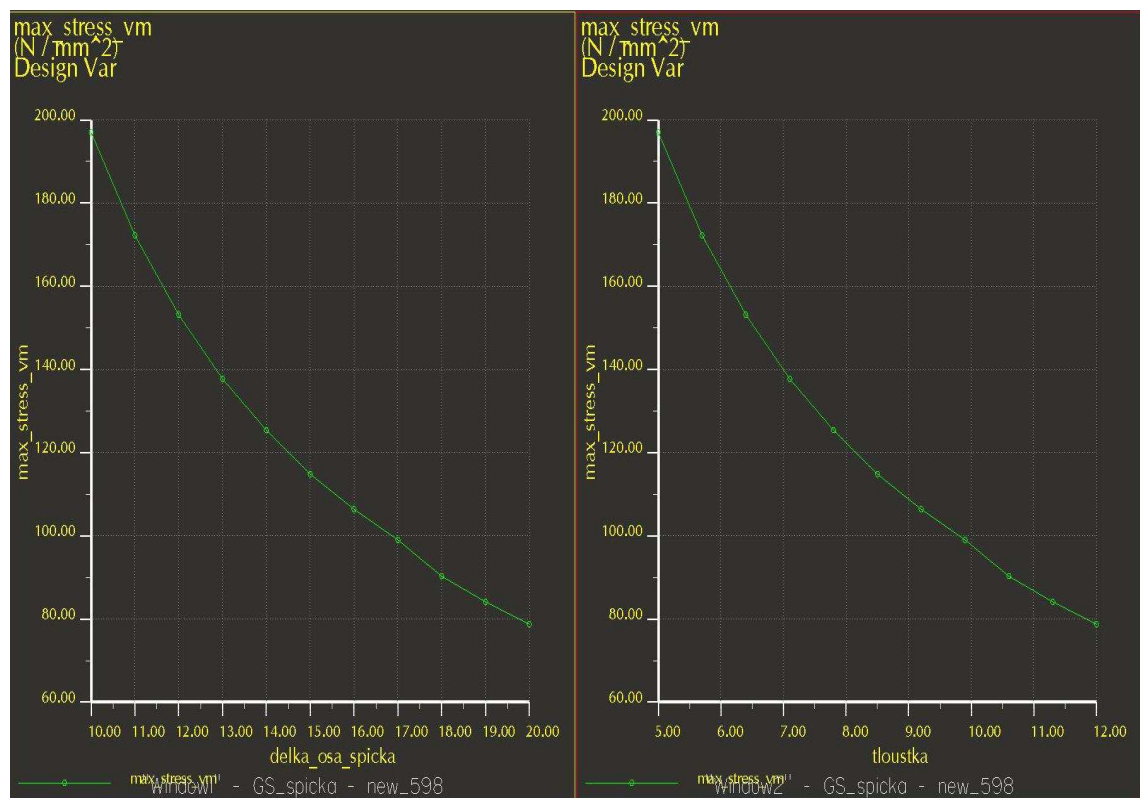


obr. 4.6 Kóty optimalizovaných rozměrů

Rozmezí optimalizovaných rozměrů:

- tloušťka páky = 7 až 10 mm
- délka od osy otáčení po konec špičky = 10 až 20 mm

Na grafu, obr. 4.7, je vidět závislost změny rozměrů na maximálním napětí.



obr. 4.7 Graf změny napětí v závislosti na rozměrech

Navržené rozměry jsou dostačující. Napětí v kritickém průřezu spočítané v ProMechanica bylo u staré páky 612 MPa. Na nové páce je toto napětí v kritickém průřezu sníženo na 96 MPa. Toho bylo docíleno zejména změnou kritického průřezu a to z původních 20 mm<sup>2</sup> na 40 mm<sup>2</sup>. Toto zvětšení kritického průřezu je umožněno novým uložením temovacích pák v temovací hlavě. Páky již nejsou umístěny křížem a jejich tloušťka může být zachována 10 mm na celém profilu. Staré páky, kvůli křížovému uložení, byly ztenčeny na 5 mm.

Z těchto poznatků a zjištěných hodnot je patrné, že nové temovací páky nebudou praskat a bude výrazně zvýšena jejich životnost.

## 5 ZÁVĚR

Účelem této práce bylo vyřešit praskání temovacích pák na temovacím přípravku používaném firmou Denso. Prvním řešením by mohla být změna materiálu a tepelné úpravy. Druhá možnost byla změna designu páky a způsobu uložení v temovací hlavě. Vzhledem k negativním zkušenostem firmy se změnami materiálu byla vybrána druhá varianta řešení.

Hlavním problémem se jevila malá tloušťka temovacích pák v místě uložení čepu a to 5 mm. Tato tloušťka vychází z uložení pák křížem. Pro staré páky bylo zjištěno maximální napětí v kritickém průřezu 612 MPa. Při tloušťce pák 5 mm byla plocha kritického průřezu pouze 20 mm<sup>2</sup>. Na tyto fakta byl zaměřen návrh nových pák. Aby mohla tloušťka páky být po celém jejím profilu 10 mm, muselo být také změněno uložení pák v temovací hlavě. Místo křížového uložení pák na jednom čepu bylo použito uložení nad sebou na dvou čepech. Díky této úpravě se plocha kritického průřezu zvýšila na 40 mm<sup>2</sup>. Při zachování stejné temovací síly kleslo napětí v kritickém průřezu na nových pákách na 96 MPa.

Nové temovací páky vyhovují pevnostním nárokům a zaručují bezporuchový chod přípravku. Pro jejich nové uložení lze použít starou temovací hlavu, na které se provedou příslušné modifikace. Upravený přípravek s novými pákami je firmou používán.

## **SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:**

Leinveber, J.; Řasa, J.; Vávra, P.: Strojnické tabulky, Scientia, PRAHA 1999

DENSO MANUFACTURING CZECH s.r.o., interní zdroje, LIBEREC 2007

[http://www.noze-nuz.com/nozirske\\_oceli/ocele.php](http://www.noze-nuz.com/nozirske_oceli/ocele.php)

[http://cs.wikipedia.org/wiki/Zkou%C5%A1ka\\_tvrlosti\\_podle\\_Rockwella](http://cs.wikipedia.org/wiki/Zkou%C5%A1ka_tvrlosti_podle_Rockwella)

<http://www.roris.cz/sortiment.php>